

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace

Bakalářská práce

Spalitelné odpady – jejich charakteristika a recyklace

Burnable waste – their properties and recycling

2013

Žaneta Vašková

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace

Zadání bakalářské práce

Student: **Žaneta Vašková**
Studijní program: B3923 Materiálové inženýrství
Studijní obor: 3911R033 Recyklace materiálů
Téma: **Spalitelné odpady - jejich charakteristika a recyklace**
Burnable waste – their properties and recycling

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Vypracování literární rešerše z domácí a zahraniční literatury k dané problematice
3. Charakteristika spalitelných odpadů
4. Popis známých postupů při recyklaci spalitelných odpadů
5. Závěr – celkové hodnocení, perspektivy

Seznam doporučené odborné literatury:

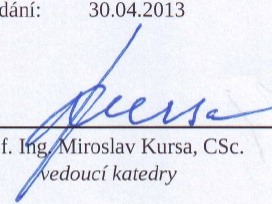
- [1] HLAVATÁ, M. Odpadové hospodářství. VŠB – TU Ostrava, 2004
- [2] Články v odborných časopisech – 2002 až 2012.
- [3] OBROUČKA, K. Termické zneškodňování odpadů. VŠB-TU Ostrava, 1997. ISBN 80-7078-505-5
- [4] KURAŠ, M. a kol. Odpadové hospodářství. Ekomonitor 2008
- [5] KRIŠTOFOVÁ, D. Kovy a životní prostředí. Ostrava 2005

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

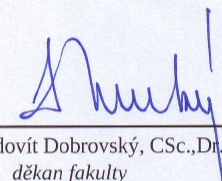
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Silvie Brožová, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013


prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Zásady pro vypracování bakalářské práce

I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání bakalářské práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list | 5. Obsah BP |
| 2. Zásady pro vypracování BP | 6. Textová část BP |
| 3. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 7. Seznam použité literatury |
| 4. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | 8. Přílohy |

ad 1) Titulním listem je originál zadání BP, který student obdrží na své oborové katedře.

ad 2) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za titulním listem.

ad 3) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listě (student jej obdrží na své oborové katedře) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnícké nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 4) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listě česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 5) Obsah BP se uvádí na zvláštním listě. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 6) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP nemusí obsahovat experimentální (aplikační) část.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury). Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy – písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 8).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 7) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

ad 8) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

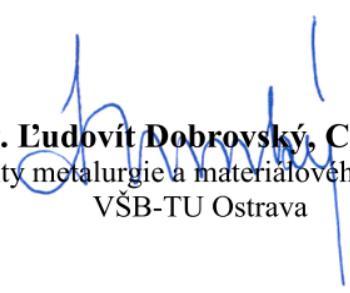
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě.

IV.

Bakalářská práce, která neodpovídá těmto zásadám, nemůže být přijata k obhajobě. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2011/2012.

Ostrava 30. 11. 2011


Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 – školní dílo);
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB – TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně.

V Ostravě 30. 4. 2013

podpis (Žaneta Vašková)

Abstrakt

Bakalářská práce na téma Spalitelné odpady – jejich charakteristika a recyklace je rozdělena na několik částí. Zpracovala jsem literární rešerši z domácích a zahraničních zdrojů. První část je zaměřena na charakteristiku spalitelných odpadů, související pojmy a známé postupy při recyklaci těchto druhů odpadů. Energetickou bilanci, která nám charakterizuje využití spalitelných odpadů. Poslední část je spojena s posouzením vlastností energetického využití nebo jiné možnosti recyklace spalitelných odpadů.

Klíčová slova

spalitelné odpady, energetické zhodnocení, recyklace

Abstract

The bachelor thesis deals with incinerable waste – its properties and recycling dividing into several parts. I have elaborated theoretical work from home and international sources. The first part is aimed at the properties of incinerable waste, relating topics and known technologies of its recycling, the energy balance which characterizes utilization of incinerable waste. The last part relates to assessment of properties for energy utilization and other possibilities of incinerable waste recycling.

Key words

Incinerable waste, energy balance, recycling

Bibliografická citace

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady – jejich charakteristika a recyklace*. Ostrava, 2013. 48 s. Bakalářská práce. VŠB, FMMI, Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace. Vedoucí bakalářské práce Ing. Silvie Brožová, Ph.D.

Obsah

1	Úvod	1
2	Odpadová situace.....	2
2.1	Situace v ČR	2
2.2	Situace ve světě	4
3	Odpadové hospodářství	7
	Hlavní zásady odpadového hospodářství:	7
	Produkce odpadů	8
	Využívání odpadů.....	9
4	Spalitelné odpady	11
4.1	Komunální odpady	11
4.1.1	Charakteristika komunálního odpadu	12
4.1.2	Shromažďování komunálních odpadů.....	13
4.1.3	Nakládání s komunálním odpadem	15
4.1.4	Tepelné zpracování odpadů	17
4.1.5	Další zpracování	17
4.2	Odpady z průmyslu.....	18
4.2.1	Odpady z chemického průmyslu	18
4.2.2	Průmysl petrochemický	21
4.2.3	Průmysl textilní a kožedělný	21
4.2.4	Průmysl papíru a celulózy	23
4.2.5	Průmysl dřevařský a nábytkářský.....	24
4.2.6	Průmysl potravinářský	24
4.2.7	Odpady ze sklářského průmyslu.....	25
4.3	Odpady zemědělské a lesnické	27
4.3.1	Odpady z rostlinné výroby	27
4.3.2	Odpady ze živočišné výroby.....	28

4.3.3	Využití odpadní dřevní hmoty	28
4.3.4	Sběrový papír	29
4.4	Odpady speciální	29
4.5	Kaly z městských čistíren a odpadních vod	30
5	Tepelné zpracování odpadů	31
5.1	Spalování odpadů	31
5.2	Druhy odpadů použitelných pro spalování	31
5.3	Zařízení na spalování odpadů	32
5.4	Přednosti a nevýhody spalování	33
5.5	Ekologické důsledky spalování odpadů	34
5.6	Pyrolýza odpadů	34
6	Závěr	35
	Seznam použitých obrázků a tabulek	36
	Seznam použité literatury	38

1 Úvod

Problematika odpadů doprovází člověka již od nepaměti. Už i dávné minulosti vznikali činností našich předků odpady, jejich výhodou však bylo omezené množství a neomezená prostranství. Kdysi se o většinu druhů odpadů postarala sama příroda a ty ostatní druhy nám s velkým nadšením a mnohdy s vysokými náklady objevují archeologové. Postupným vývojem civilizace lze předpokládat stále menší nadšení budoucích generací při „objevování“ odpadů, které tu zanecháme my.

Nejdříve si musíme uvědomit co to vlastně odpad je, zda se vždy jedná o odpad, nebo je to prostě jen to co neumíme využít. Z tohoto důvodu jsou určité druhy odpadů pojmenovány jako vedlejší produkty.

Člověk je nezbytnou součástí všech „moderních“ způsobů nakládání s odpadem. Bez správného nakládání s odpady nelze předpokládat dosažení maximálního úspěchu. S touto problematikou jsou „západní“ země v předstihu. Za poslední roky můžeme v ČR pozorovat zájem různých firem a občanských hnutí v oblasti vzdělávání obyvatel a hlavně děti vysvětlovat problematiku využívání odpadů.

Asi nejlepším variantou by bylo, aby odpady vůbec nevznikali. To je ale nemožné. Proto si musíme dát otázku – Jak nejlépe nakládat s odpady?

V posledních letech byl této oblasti učiněn velký pokrok. Vzpomeňme si, kdy odpady zcela běžně končily v lokálních topeništích, skládky s hromadou nasypaného „čehosi“ a o spalování ani nemluvě.

2 Odpadová situace

Tato kapitola popisuje postoj společnosti k odpadům v naší republice a ve světě.

2.1 Situace v ČR

V ČR je spaloven malý počet, většinu odpadu vyvážíme na skládky. Spalovny, které spalují komunální odpad, se nachází pouze v Praze, Liberci a Brně. Odpad průmyslový a zdravotnický spalují další spalovny, které jsou v ČR v provozu. Celkem jich je 29 (Obr. 2.1).

Není žádná náhoda, že spalovny na komunální odpad můžeme najít ve 2 největších městech v ČR. Je to z důvodu dostatečného množství komunálního odpadu a také odpadávají náklady na dovoz odpadu. Také i spalovny na zdravotnický odpad se nachází v blízkosti zdroje materiálu, a to v areálu dané nemocnice, či průmyslové zóny. [1]

Kvůli tomu, že se spalovny nacházejí přímo ve městě, je velký důraz kladen i na jejich vzhled. Například spalovna v Liberci se může chlubit titulem **Stavba roku 2000** za vysokou architekturu a citlivé začlenění do města (Obr. 2.2). [1]

ALBA - SERVIS, SPOL. S R.O. SPALOVNA - Břeclav
 AUTOPAL S.R.O. - SPALOVNA - Nový Jičín
 CEMENT BOHEMIA PRAHA, A.S. ZÁVOD - Praha - Radotín
 CEMENTÁRNÍ A VÁPENKY MOKRA, A.S. - SPALOVNA - Mokrá-Horákov
 ČEPRO A.S. - SPALOVNA PRŮMYSLOVÝCH ODPADŮ - Cerekvice nad Bystřicí
 ČKD DOPRAVNÍ SYSTÉMY A.S. - TRAKCE - SPALOVNA - Praha 09
 ČKD PRAHA DIZ, A.S. - SPALOVNA - Praha 09
 EKO - RUBBER, SPOL. S R.O. - SPALOVNA - Otrokovice
 EKOBANO S.R.O. - SPALOVNA - Kadaň
 EKOKOMBEK, S.R.O. - SPALOVNA - České Budějovice
 EKOTERMEX, A.S., SPALOVNA PUSTIMĚŘ - Pustiměř
 EKOTERMEX, A.S., SPALOVNA PUSTIMĚŘ - Pustiměř
 ELO HK S.R.O. - SPALOVNA - Hradec Králové
 ENERGETIKA CHROPYNĚ, A.S. - SPALOVNA - Chropyně
 ESMO MOHELNICE, S.R.O., SPALOVNA PRŮMYSLOVÝCH ODPADŮ - Moheznice
 FAKULTNÍ NEMOCNICE - SPALOVNA - Plzeň 1
 FAKULTNÍ NEMOCNICE - SPALOVNA - Hradec Králové
 FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE 5 - MOTOLE, SPALOVNA - Praha 05
 FARMAS, A.S. - SPALOVNA - Olomouc
 FEZKO, VLNÁRSKÉ ZÁVODY A FEZÁRNÍ, A.S. - SPALOVNA - Strakonice
 FN S POLIKLINIKOU V OSTRAVĚ - SPALOVNA - Ostrava-Poruba
 GUMOKOV, A.S. - SPALOVNA - Hradec Králové
 HYGIENICKÁ STANICE HL. M. PRAHY - Praha 08
 CHEMOPETROL A.S. - DVO-SPAL. PR. ODP. - Litvínov
 INSTITUT KLINICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ MEDICINY - Praha 04
 INTERNATIONAL HOLDING ENVI A.S. - SPALOVNA FN OLMOUC - Olomouc
 JAROŠ PETR - PROVOZOVNA SPALOVNA UNIČOV - Uničov
 KAME-EKO, A.S. - SPALOVNA - Prostějov
 KAČUK A.S., SPALOVACÍ STANICE ODPADŮ - Křepky nad Vhavou
 KNOFLÍKÁŘSKÝ PRŮMYSL ŽIROVNICE, SPALOVNA - Žirovnice
 KOMEKO, A.S., SPALOVNA KAMENNÉ ŽEHROVICE - Kamenné Žehrovice
 KOSMOS, A.S. ČÁSLAV - SPALOVNA - Čáslav
 KOVOHUTĚ BRIDLIČNÁ A.S., SPALOVNA ODPADŮ - Brdčín
 KOZAK KLATOVY A.S. SPALOVNA ODPADŮ - Klatovy
 KRÁLOVDVORSKÁ CEMENTÁRNA, A.S. KRÁLOV DŮR - Králov Dvůr
 LÉČIVA, A.S. - Praha - Dolní Měcholupy
 LUČEBNÍ ZÁVODY DRASLOVKA A.S. KOLÍN - SPALOVNA - Kolín
 MOGUL SERVIS A.S. - SPALOVNA - Kolín
 MORAVSKÉ CHEMICKÉ ZÁVODY A.S. OSTRAVA - SPALOVANÍ - Mariánské Hory a Hulváky
 MOSTECKÁ UHELNÁ SPOLEČNOST A.S. - SPALOVNA - Most
 MOTORPAL, A.S., JIHLAVA - SPALOVNA - Jihlava
 NEMOCNICE LIBEREC - Liberec
 NEMOCNICE PARDUBICE - SPALOVNA - Pardubice
 (nečleněná část měst

STS STROJNÍ STANICE, S.R.O. HODONÍN - SPALOVNA - Hodonín
 SYNTHESIA A.S. - SPALOVNA BČOV - Rybůvka
 TERMIZO A.S. - Liberec
 T.O.P. EKO, SPOL. S.R.O. - SPALOVNA - Plzeň 3
 TONUS TOVÁRNA NA USNĚ A.S. - SPALOVNA - Jarošovice
 TOVÁRNA NA PIANA A.S. - SPALOVNA - Hradec Králové
 TRANSPORTA A.S. - SPALOVNA PRŮMYSLOVÝCH ODPADŮ, DAM-10 - Chrudim



NEMOCNICE S AMBULANTNÍ ČÁSTÍ - SPALOVNA ODPADŮ - Jmříčův Hradec
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU - SPALOVNA - České Budějovice
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU - SPALOVNA - Havřov - Město
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU - SPALOVNA - Karviná
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU - SPALOVNA - Nový Jičín
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU DĚČÍN - SPALOVNA - Děčín
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU NOVÝ BYDŽOV - SPALOVNA - Nový Bydžov
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU SE SÍDLEM V NÁCHODĚ - Náchod
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU UHERSKÉ HRADIŠTĚ - SPALOVNA - Uherské Hradiště
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU V BEROUNĚ - SPALOVNA NO - Beroun
 NEMOCNICE S POLIKLINIKOU VSETÍN - SPALOVNA - Vsetín
 NEMOCNICE SOKOLOV - SPALOVNA ODPADŮ - Sokolov
 NEMOCNICE V ÚSTÍ NAD ORLÍČÍ - SPALOVNA - Ústí nad Orlicí
 NYSTEPHARM, A.S. - SPALOVNA ROZTOKY U PRAHY - Rosttoky
 OKRESNÍ NEMOCNICE S POLIKL. ZNOJMO SPALOVNA - Znojmo
 ORLICKÁ NEMOCNICE PŘÍSPĚVKOVÁ ORGANIZACE - SPALOVNA - Rychnov nad Kněžnou
 PRAŽSKÉ SLUŽBY, A.S. - SPALOVNA - Praha 10
 SNAHA, KOŽEDELNÉ DRUŽSTVO V JIHLAVĚ - SPALOVNA - Brtnice
 SPAL. PRŮMYSL. ODPADŮ VÁLCOVEN PLECHU, S.R.O. - SPALOVNA - Frýdek-Místek
 SPALÉKO S.R.O. - Praha 04
 SPALOVNA A KOMUNÁLNÍ ODPADY BRNO, A.S. - SPALOVNA - Brno
 SPALOVNA DĚTSKÁ LÉČEBNA LUŽE - KOŠUMBERK - Luže
 SPOLANA A.S. - SPALOVNA PEVNÝCH ODPADŮ - Libeň
 SPOLEK PRO CHEMICKOU A HUTNÍ VÝROBU A.S. - SPALOVNA EPITETRA - Ústí nad Labem - město
 SPOLIO, A.S. - SPALOVNA PRŮMYSLOVÝCH ODPADŮ TRMICE - Ústí nad Labem - město
 SPORTEN A.S., SPALOVNA ODPADŮ - Nové Město na Moravě
 STROJPLAST, A.S. - SPALOVNA - Tachov

VĚZEŇSKÁ SLUŽBA ČR - OSTROV - Ostrov nad Ohří
 VOJENSKÝ OPRAVÁRENSKÝ PODNIK 025, S.P. - SPALOVNA - Nový Jičín
 VŠEOBECNÁ MASARYKOVA NEMOCNICE - SPALOVNA - Trutnov
 ZKL KLÁŠTEREC NAD OHŘÍ, A.S. - SPALOVNA - Klášterec nad Ohří
 ŽELEŽÁRNÝ A DRÁTOVNÝ BOHUMÍN A.S. - SPALOVNA - Bohumín

Obr. 2.1 Seznam spaloven v ČR

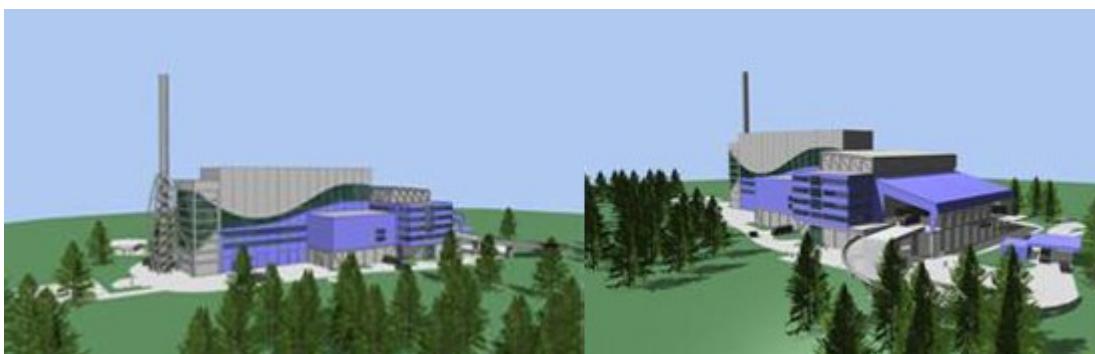
VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.



Obr. 2.2 Spalovna Temizo – Stavba roku 2000

Ročně se u nás vyprodukuje 3,3 mil. t komunálního odpadu a na skládky odchází 68 %. To je skoro 2,25 t komunálního odpadu. Proto se v ČR plánuje výstavba dalších spaloven komunálního odpadu. V současnosti se připravuje spalovna v Karviné, Plzni a Komořanech (Obr. 2.3). [1]

Ministerstvo životního prostředí přiznává, že ČR patří mezi země v EU, která nejvíce skládkuje. Skládkování u nás není ani omezeno ani zakázáno, na rozdíl od ostatních států. Třeba v Německu a Rakousku je skládkování zakázáno. Tyto země patří ke špičce EU odpadového hospodářství. ČR je s Polskem na 16 – 17. místě. [1] [2]



Obr. 2.3 Vizualizace spalovny v Komořanech

2.2 Situace ve světě

Ve světě produkce odpadů celkově vzrůstá. Mezi lety 2007 až 2008 se produkce vyšplhala nahoru v 17 členských států EU a poklesla jen v deseti. Největší nárůst zaznamenala Malta, kde každá osoba po sobě zanechala o 46 kg víc odpadu než v roce 2008. V sousedním Německu vzrostla produkce odpadu o 17 kg na osobu.

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

Evropská agentura pro životní prostředí se domnívá, že produkce obecního odpadu v mezidobí 2005 – 2020 stoupne o čtvrtinu. A to z mnoha důvodů, například z ekonomické aktivity, technologické inovaci, demografické změny nebo změny životního stylu. [3]

Ve Švýcarsku se povinně provozují spalovny s využitím energie a má také povinnost spalovat odpady. Kantony zodpovídají za to, že nevyužitelné spalitelné odpady budou ve vhodných zařízeních spáleny. Od roku 2000 je ve Švýcarsku zakázáno skládkování komunálního odpadu. Využitá energie je tedy 100% spalitelného komunálního odpadu a spalitelných stavebních odpadů (Obr. 2.4). [4][5]



Obr. 2.4 Spalovna v Ženevě

I v dalších zemích, kde zejména upřednostňují energetické využití před skládkováním, jsou povedené stavby (Obr. 2.5). Mezi nejmodernější a povedené spalovny určitě řadíme spalovnu v dánském Esbjergu (Obr. 2.6). Další je spalovna v Kodani, kde je do budoucna v plánu vybudovat spalovnu s lyžařskou sjezdovkou (Obr. 2.7). [1]



Obr. 2.5 Spalovna ve Velké Británii
v Hampshire



Obr. 2.6 Spalovna
v Esbjergu



Obr. 2.7 Budoucí spalovna v Kodani

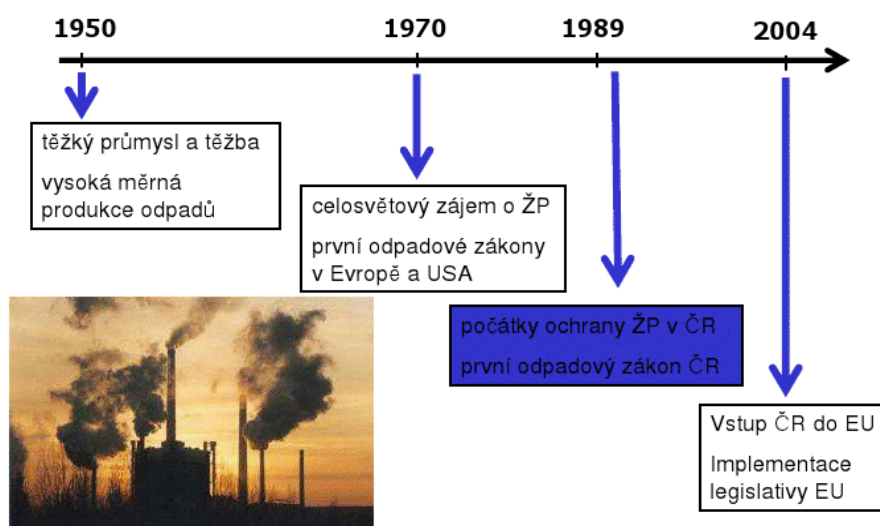
VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

3 Odpadové hospodářství

Odpadové hospodářství je poměrně novým technologickým odvětvím, které se dotýká všech stupňů výrobního a spotřebního cyklu. Je to činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadu, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy.

Odpad můžeme podle zákona 185/2001 Sb. charakterizovat jako každou movitou věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů.

Vývoj odpadového hospodářství od poloviny minulého století dodnes popisuje následující schéma (Obr. 3.1). [6]



Obr. 3.1 Vývoj odpadového hospodářství v ČR

Hlavní zásady odpadového hospodářství:

- Předcházení vzniku odpadů – omezování množství a nebezpečných vlastností
- Využívání materiálové, případně energetické – třídění, recyklace, kompostování, spalování s využitím tepla
- Zneškodňování – skládkování, spalování

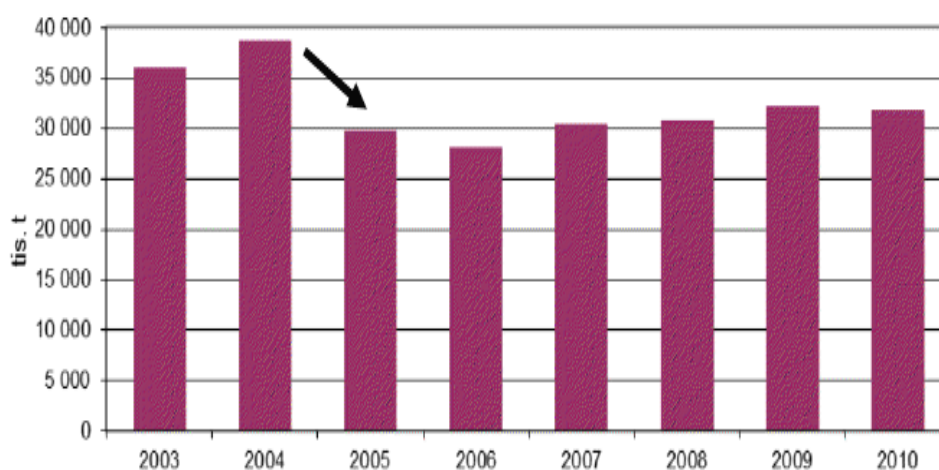
VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

Produkce odpadů

Důvody poklesu produkce odpadů:

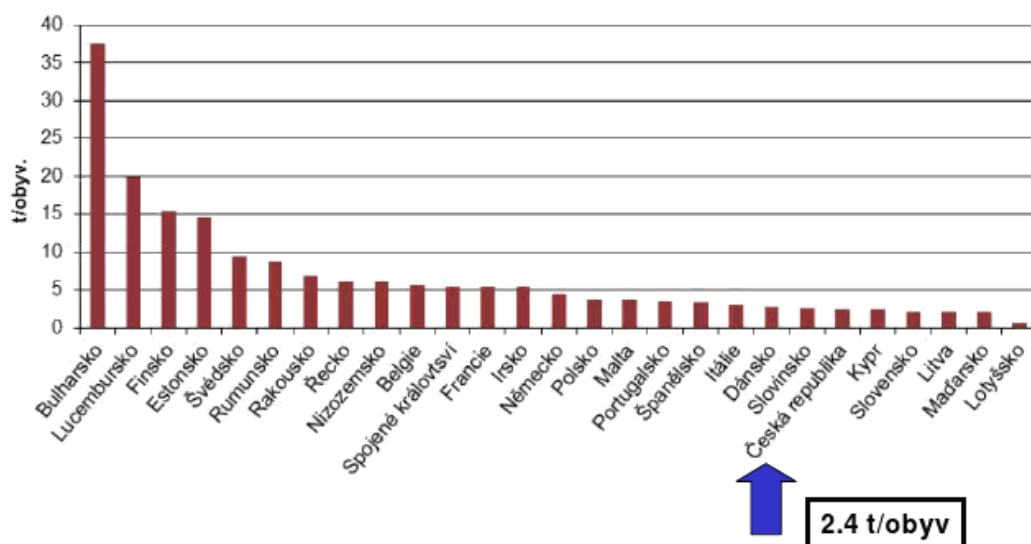
- Rozvoj technologií výroby a zpracování odpadů
- Růst cen primárních surovin
- Změna v zařazování vedlejších produktů mezi odpady

Ve sloupcovém grafu je znázorněna produkce odpadů v ČR v rozmezí 2003 až 2010 (Obr. 3.2). [6]



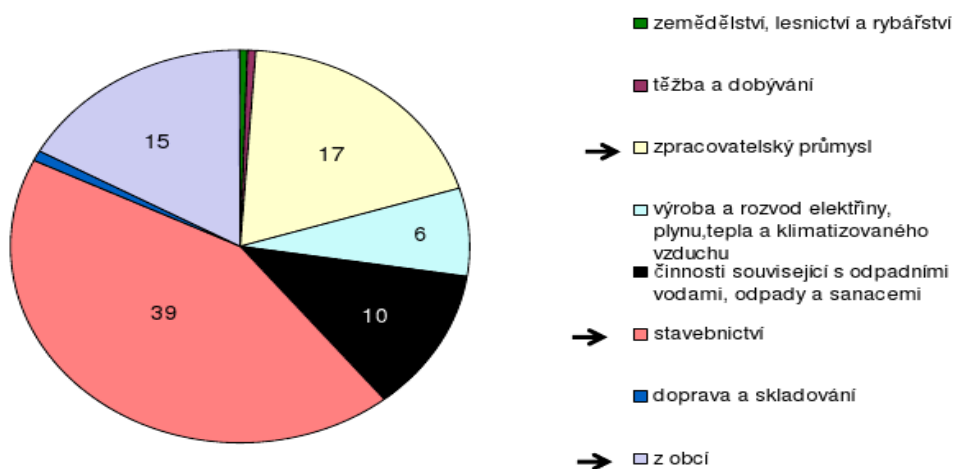
Obr. 3.2 Produkce odpadů V ČR v letech 2003 – 2010

Srovnání produkce odpadů v zemích EU v přepočtu na obyvatele lze vidět na obrázku (Obr. 3.3). Tento výzkum se týká roku 2008. [6]



Obr. 3.3 Srovnání produkce odpadů

Procentuální odhad rozdělení odpadů podle odvětví lze vidět na následujícím grafu (Obr. 3.4).
[6]



Obr. 3.4 Produkce odpadů 2010 podle odvětví

Využívání odpadů

Odpad lze využít dvěma způsoby. Materiálově a energeticky. Obecně je přednost dávana materiálovému využití a k energetickému se sahá, až když není zbytí.

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

Materiálové využití

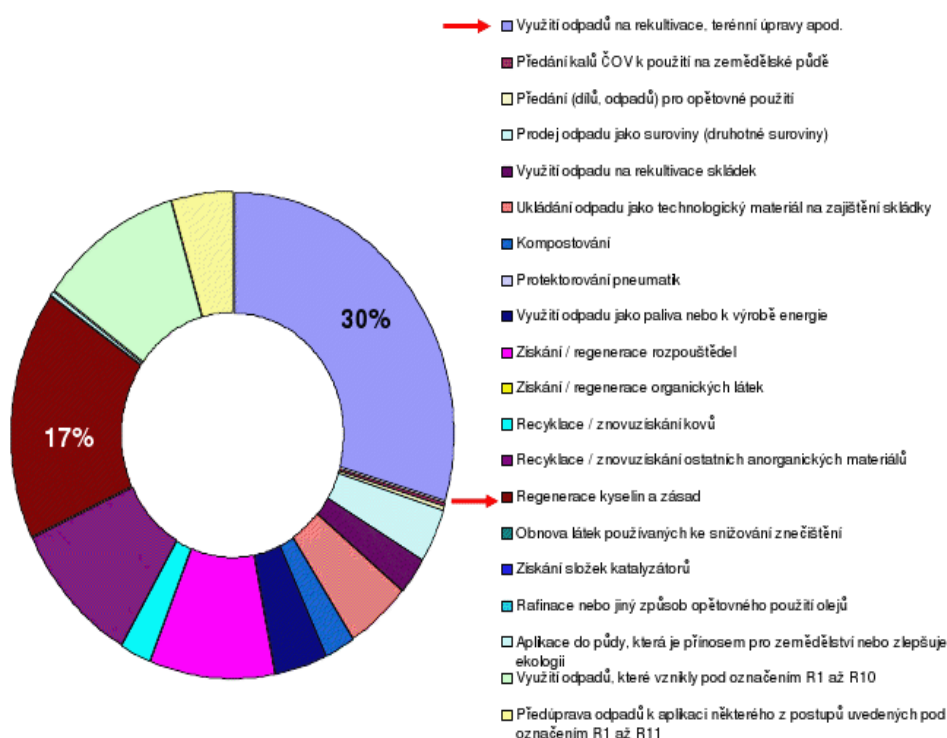
- Fyzikální a chemické postupy – recyklace kovů, skla a regenerace (rozpouštědla, kyseliny, zásady, katalyzátory)
- Biologické metody – kompostování, anaerobní rozklad, aplikace do půdy
- Ostatní postupy – při rekultivaci nebo použití k terénním úpravám, při zajištění skládky

Energetické využití odpadů

- Spalování ve spalovnách s využitím energie, výroba certifikovaných alternativních paliv

Nejlépe se spalují odpady, které hoří samy a nepotřebují k hoření podpurné palivo. Vznikající teplo je využito pro potřebu buď vlastní, nebo dalších aplikací. Spalují se tak odpady s minimální energetickou účinností 65%.

Na následujícím schématu lze vidět celkové využití odpadů (Obr. 3.5). [6]



Obr. 3.5 Struktura využívání odpadů

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

4 Spalitelné odpady

Spalitelné odpady jsou odpady, které lze zneškodňovat termickými postupy. K tepelnému zpracování patří spalování, zplyňování, pyrolýza či zkapalňování a oxidace na mokré cestě.

Odpady vhodné ke spalování jsou [7]:

- odpady komunální
- odpady z průmyslu (dřevařský, papírenský,...)
- odpady zemědělské a lesnické
- ropné produkty (plasty, oleje)
- odpady speciální (nemocniční odpady)
- čistírenské kaly

4.1 Komunální odpady

Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání (zákon. č. 185/2001 Sb., § 4, odst. b.).

V Katalogu odpadů patří do skupiny 20. *Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru.* [8]

Komunální odpad je směsný odpad ze služeb, veřejných úřadů a institucí, obchodů, drobných řemeslných provozoven a odpad z bydlení (domovní odpad). [9]

V tabulce (Tab. 4.1) jsou příklady složek zastoupení městských komunálních odpadů. [9]

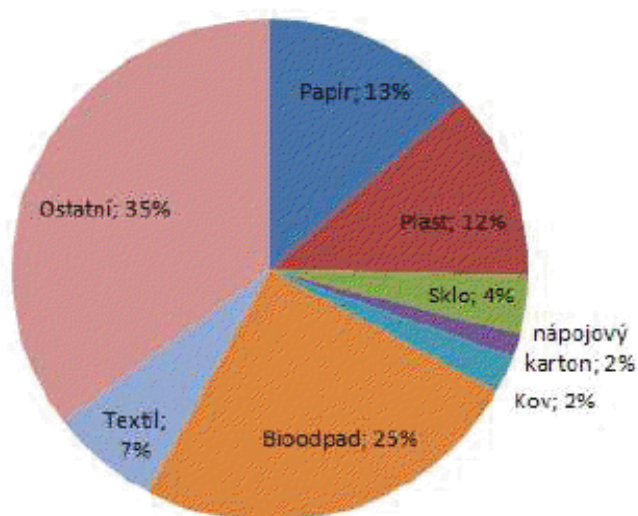
Tab. 4.1 Složení městského komunálního odpadu

Složka	Složení (% hm.)	Průměrné rozmezí
Papír	40	25 - 45
Plasty	3	2 - 8
Lepenka	4	3 - 15
Kůže a pryž	1	0 – 4

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

Textilie	2	0 - 4
Kuchyňské odpady	15	6 – 26
Zemědělské odpady	12	0 – 20
Sklo	8	4 – 16
Dřevo	2	1 – 4
Kovy	9	3 – 13
Keramika, kámen	4	0 - 10

Na obrázku (Obr. 4.1) vidíme přibližné složení tuhého komunálního odpadu (TKO) 2008. [6]



Obr. 4.1 Přibližné složení tuhého komunálního odpadu

4.1.1 Charakteristika komunálního odpadů

Komunální odpady jsou z hlediska fyzikálně-chemických vlastností velice různorodý materiál. Nejvíce záleží na druhu zástavby obcí, životním stylu obyvatel, způsobu vytápění. V komunálním odpadu se nachází složky z odděleného sběru (sklo, papír a lepenka), biologicky rozložitelný odpad ze stravoven a kuchyní, textilie, oděvy, zásady, kyseliny, fotochemikálie, zářivky, pesticidy, tuky, oleje, barvy, tiskařské barvy, pryskyřice a lepidla, léčiva, baterie a akumulátory, elektronická zařízení, dřevo, plasty, odpady ze zahrad a parků, kovy a ostatní komunální odpad. Ostatní komunální odpad představuje odpad z tržišť, z čištění kanalizace, uliční smetky, objemný odpad a komunální odpady jinak blíže neurčené

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

vznikající na území měst a obcí, které podléhají pravidelnému organizovanému svozu. Největší vliv mají odpady shromažďované v normalizovaných nádobách, pravidelně odvážené speciálními technickými prostředky, kterými jsou vybaveny velké firmy. [8]

4.1.2 Shromažďování komunálních odpadů

Je to heterogenní materiál s časovou proměnnou skladbou a množstvím. Odstraňování komunálního odpadu lze dělit do dvou pracovních oblastí:

- odvoz odpadu
- zneškodňování odpadu

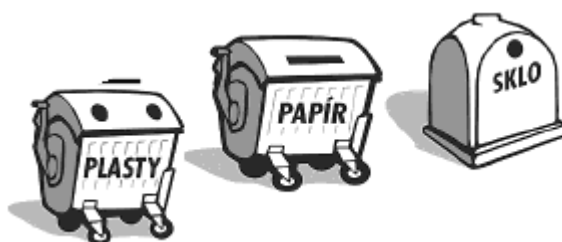
Na většině míst u nás je zneškodňování zatím omezené na volné skládkování. Toto skládkování je pro životní prostředí naprosto nežádoucí. Existují tři základní způsoby zneškodňování [9]:

- skládkování
- kompostování
- tepelné zpracování

Sběr, třídění a svoz komunálního odpadu

- **Nádobový (donáškový) systém**

Nádoby na separovaný a směsný odpad (Obr. 4.2). [6]



Obr. 4.2 Typy nádob na separovaný odpad

- **Mobilní sběrný**
pojízdne sběrný bezplatně odebírající většinou nebezpečný odpad
- **Sběrné dvory** (pouze pro obyvatelé dané obce)

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

stabilní sběrný bezplatně odebírající řadu odpadů v přiměřeném množství

- kovy
- kompostovatelný odpad
- objemné odpady
- elektrošrot
- stavební suť
- nebezpečné odpady

- **Další místa odběru některých odpadů – zpětný odpad**

sběrný kovů, lékárny, některé prodejny, nádoby na elektroodpad

Využitelné odpady

- Papír a lepenka
- Sklo
- Plasty (PET láhve, fólie, kelímky)
- Nápojové kartony
- Kompostovatelný kuchyňský odpad
- Kovy (plechovky, hliník)

Tyto odpady se ve vyspělých zemích třídí do barevně odlišených kontejnerů. Na obrázku (Obr. 4.3) lze dokonce vidět rozdílné kontejnery na čiré a zelené sklo. Tento trend je běžně využíván hlavně v západní Evropě (Německo, Francie).



Obr. 4.3 Barevně odlišené sběrné nádoby

Ostatní odpady

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

- Znečištěné – mastné obaly od potravin, voskovaný papír, textilie, porcelán, žárovky, bioodpad

4.1.3 Nakládání s komunálním odpadem

Mezi nejstarší patří skládkování. Poté spalování a nakonec kompostování. Těmito metodami se snížilo množství odpadů, avšak přestali s postupem času vyhovovat přísným požadavkům na ochranu životního prostředí a racionálním požadavkům trvale udržitelného rozvoje.

Platné zásady odpadového hospodářství v komunálních odpadech jsou [10]:

- Oddělené shromažďování a využívání složek odpadu hned u zdroje jeho vzniku
- Předcházení vzniku odpadu a jeho nebezpečnosti
- Skládkování prokazatelně nevyužitého zbytku
- Racionální využití zbytkových odpadů.
- Oddělené shromažďování a sběr využitelných a nebezpečných složek

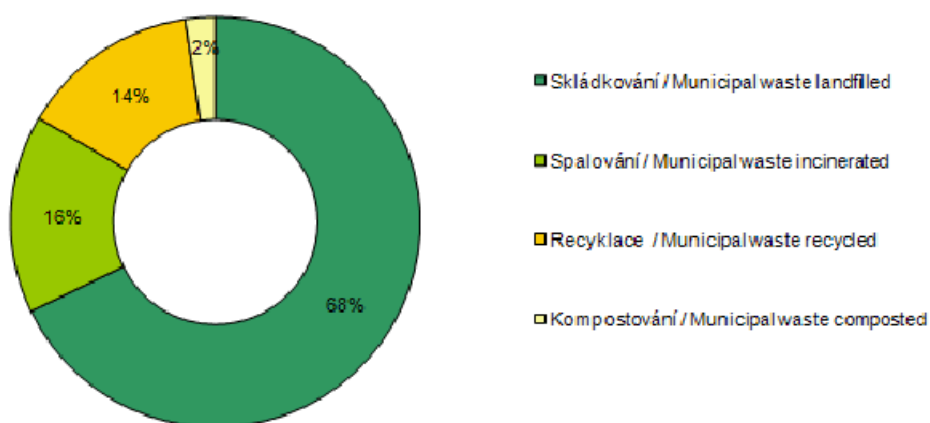
Na následujících obrázcích je vidět procentuální podíl komunálních odpadů a jejich způsob využití (Obr. 4.4 až 4.5). [6]

Způsob nakládání [%]	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Autor dat	VÚV	VÚV	VÚV	VÚV	CENIA	CENIA	CENIA	CENIA
Kvalita údaje	konečný údaj	konečný údaj	konečný údaj	konečný údaj	konečný údaj	konečný údaj	konečný údaj	předběžný údaj
Podíl energeticky využitých komunálních odpadů (R1)	4,8	8,7	9,4	9,5	9,8	9,6	6,0	8,9
Podíl materiálově využitých komunálních odpadů (R2-R12, N1, N2, N8, N10, N11, N12, N13, N15)	10,9	11,8	15,5	20,0	21,1	24,2	22,7	24,3
Podíl komunálních odpadů odstraněných skládkováním (D1, D5, D12)	63,3	64,4	69,3	81,0	86,2	89,9	64,0	59,5
Podíl komunálních odpadů odstraněných spalováním (D10)	4,80	0,05	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04	0,04

Data byla stanovena podle platné metodiky pro daný rok – podle Matematického vyjádření výpočtu „soustavy indikátorů RM“

Obr. 4.4 Struktura nakládání s komunálními odpady v ČR (%), 2003 – 2010

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.



Obr. 4.5 Nakládání s komunálními odpady v ČR v roce 2010 (dle ČSÚ)

Směrnice Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna 1999 O skládkách odpadů zásadně ovlivňuje nakládání s komunálními odpady. Tato směrnice udává mimo jiné členským státům povinnost vypracovat národní strategii zahrnující opatření recyklace, produkci bioplynu, kompostování a zhodnocení surovin a energie. Následně její realizace povede k omezení množství biologicky rozložitelného odpadu odcházejícího ze skládky. [8]

Evropský systém třídění je jednotný (Obr 4.6). [11]



Obr. 4.6 Princip třídění

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

4.1.4 Tepelné zpracování odpadů

Spalování (pyrolýza) je do jisté míry radikální a hygienický způsob zneškodňování. Některé látky např. chlorovodík, vznikající při spalování látek obsahující chlór, mají značně agresivní vliv na zařízení spaloven a životní prostředí. Silně toxické sloučeniny některých kovů se nedají zachytit v odlučovacím prachu. Z tohoto důvodu se začíná prosazovat instalace vícestupňových odlučovačů kouřových plynů. Tím se ale zvyšují náklady. Hlavně popílek, který se musí ukládat na speciální skládky, není zcela inertním materiálem a vyluhují se z něho stopové prvky a jiné škodliviny. [9]

4.1.5 Další zpracování

Papír

- přidává se do směsi na výrobu papíru (novinový papír, sešity, lepenkové krabice, toaletní papír a další.)
- papír je možno recyklovat 5 – 7x

Sklo

- často třídění na bílé a barevné, drcení, čištění
- směs střepů se přidá do výchozí směsi k výrobě nového skla (láhve na minerálky, pivo a jiné skleněné výrobky)
- recyklace je možná do nekonečna

Kovy

- vytrídění dle druhů a přetavení při $T \approx 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (zbavení nečistot)

Plasty

- třídění na jednotlivé druhy a drcení, drastické promývání
- PET - třídění na čiré a barevné, vlákna (výplň zimních bund a spacáků, zátěžové koberce)
- silon

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

- PE, PP fólie – sáčky, tašky, pytle
- pěnový polystyren – speciální cihly
- směs plastů – zahradní nábytek, odpadkové koše, protihlukové stěny u dálnic

Nápojové kartony

- V papírnách – pokud papír tvoří většinu tohoto obalu
- zbytky hliníku a PE lze využít přímo v papírně (ohřev vody) či dále zpracovat na palety
- Na speciální lince – drtí se za tepla lisují do desek (stavební izolace)

4.2 Odpady z průmyslu

Výroba z průmyslu produkuje ve všech odvětvích hořlavé odpadní materiály, které můžeme zneškodňovat termickými technologiemi s využitím tepelné energie. Odpady z průmyslové výroby jsou velice rozmanité. Proto není možné provádět průměrné analýzy těchto odpadů, neboť typy odpadů, jenž mohou být zneškodněny termickými postupy, budou záležet na jednotlivých průmyslových odvětvích v regionu, kde se nachází spalovna. Průmyslové odpady můžeme dělit podle průmyslu na [7]:

- dřevařské odpady
- papírenské odpady
- kožedělné odpady
- gumárenské odpady
- textilní odpady
- potravinářské odpady
- chemické odpady
- petrochemické odpady

4.2.1 Odpady z chemického průmyslu

Toto průmyslové odvětví je významným producentem odpadů. Některé z nich mají nebezpečné vlastnosti. Zahrnujeme zde odpady z anorganických, organických výrob a taky z

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

výroby polymerů (zpracování kaučuku a pryže, plastů). Odpady jsou ve všech fyzikálních skupenství. Důležité místo zde zauímají odpady plastů, které dělíme na **termoplasty** a **reaktoplasty**.

Termoplasty měknou při zahřívání a tuhnou při ochlazování. **Reaktoplasty** při rostoucí teplotě přecházejí nevratně do nerozpustného a netavitelného stavu. [7]

Polymerní odpady

Jedná se o specifické odvětví chemického průmyslu. Dělíme je do dvou skupin [8]:

- odpady ze zpracování plastů
- odpady ze zpracování pryže a kaučuku

Stále se zvětšující množství polymerních odpadů má za následek obrovský rozvoj výroby. Mohou vznikat již při výrobě (odřezky, zmetky, přetoky) jako vratný či technologický odpad nebo sběrný odpad. Vratný se zpracovává převážně ve zpracovatelských nebo výrobních závodech. [8]

Spotřeba energie pro výrobu syntetických polymerů je výrazně nižší než u jiných materiálů, což je jeho největší výhoda.

Odpadní pryže mají největší podíl a představují je pneumatiky. Jsou významným druhotným zdrojem. Jejich drcením se získává ocel (10%), polyamidové kordy a pryžová drť. Regenerát není správné označení odpadní pryže, protože žádnou z regeneračních metod nezískáme z odpadní pryže původní kaučuk. Stará pryž se stává znovu pouze vulkanizovatelnou a zpracovatelnou. Mechanické vlastnosti regenerátoru a vulkanizátoru jsou mnohem horší než původního kaučuku. Proto se do nových kaučukových směsí mohou přidávat v množství jen kolem 10 %. Odpadní pryž se používá do směsí termoplastů a reaktoplastů, nebo jako plnivo do kaučukových směsí. [8]

Způsoby využití polymerních odpadů [9]:

- **Tepelná degradace a spalování:**
 - pyrolýza - zdroj doplňkového paliva
 - spalování - zdroj tepla
 - hydrolýza - druhotné suroviny pro průmysl plastů
- **Recyklace odpadních plastů:**

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

- na bázi PVC - přísady do plastových směsí
- na bázi polyolefinů - vznikají druhotné suroviny pro široký sortiment spotřebního zboží
- **Recyklace a regenerace pryže a kaučuku:**
 - vznikají druhotné suroviny se zhoršenými technickými vlastnostmi

Řada odpadních produktů vzniká také při výrobě oceli a železa. Mořením se odstraňují povlaky oxidů železa. Moříme kyselinami - sírovou, chlorovodíkovou, dusičnou. Do mořících roztoků se přidávají organická smáčedla, která usnadňují styk kyseliny s povrchem a inhibitory zabraňující poškození kovů.

Ve strojírenství vzniká mnoho spalitelných odpadních materiálů. Jsou to různé druhy odpadních olejů a tuhé zaolejované odpady. Charakteristické vlastnosti těchto olejů záleží hlavně na použité výrobní technologii a druhu zpracovávaných výrobků. Většinu strojírenských odpadů nelze regenerovat, a to hlavně z důvodu jejich znečištění kovovým odpadem, brusným materiálem a prachem. Zvyšováním tepla nastává u olejů deformace uhlovodíkových řetězců a stykem se vzduchem částečně oxidují až na kyseliny. Voda se v olejích vyskytuje ve dvojí formě. Může být vázaná, která tvoří s olejem stálou heterogenní směs, nebo voda volná, která je v oleji dispergována ve formě volných kapiček a po určité době se z oleje odděluje. [7]

Stavební odpady vznikající při údržbě, zřizování, rekonstrukcí či odstraňování staveb se v souladu s názvem skupiny odpadů v Katalogu odpadů nazývají jako „Stavební a demoliční odpady“. Svým množstvím představují významný podíl odpadů v ČR. Zeminy, horniny a stavební výrobky jsou materiálovou základnou a převažují. [8]

Podle druhů výstavby a druhu materiálu lze stavební odpady rozdělit:

- výkopová zemina 65 % – 75%
- materiál z demolice vozovek 10 %- 15%
- demoliční stavební materiál sut' 5% - 20%
- odpady ze stavenišť 5% - 15%

U pozemních staveb obsahuje suť a odpady řadu komponent např. ornici, beton, sádrové materiály, dřevo, plasty, železné a neželezné kovy, papír, živec, cihlové divo, maltu, zbytky nátěrů a tmelů. [8]

4.2.2 Průmysl petrochemický

Odpady z tohoto průmyslu se vyznačují velkou výhřevností. Jedná se o odpadní filtrační hlínky, o zeminu nasycenou olejem, odpad z výroby tuků a další. Mezi kapalnými odpady jde o různé odpady z jednotlivých fází výroby.

Dále jsou tady látky prstovité konzistence. Kaly biologické, z čistíren odpadních vod, destilační, odstředěné apod.

Velké množství ropných a dehtových odpadů vzniká při zpracování a přepravě ropy. Jsou to odpady z ropných produktů znečištěných mechanickými nečistotami a obsahujícími větší podíl vody. Mohou to být mazací oleje, benzín, nafta, petrolej, výplachy olejových nádrží, olejové kaly, dehtové odpady, odpady z filtrace olejů, z rafinérií olejů anebo transformátorové oleje.

Při zpracování ropy vznikají speciální odpady, které jsou ve formě kuliček o průměru 3 až 4 mm a nazývají se polyolefinové odpady. Jedná se o čisté uhlovodíky s vysokým obsahem vodíku a jsou velice výhodným palivem. [7]

4.2.3 Průmysl textilní a kožedělný

Jedná se o odpady hlavně z průmyslu zpracování vlny. Ve lnářském průmyslu, kde jde především o odpad pazdeří, krátkých vláken a prachu, které mají vysokou výhřevnost, obsah vody cca 4,2% a obsah popela 1,6%. Ročně je k dispozici cca 4 500 tun měrného paliva v tomto průmyslu.

Odpady z průmyslu zpracování vlny se využívají a zpracovávají např. pro výrobu různých druhů filtrů. Z nichž jejich odpad můžeme zneškodnit pouze spálením s využitím tepla. Výhřevnost je vysoká až 25 MJ. kg⁻¹. [7]

Při použití přírodních materiálů je množství odpadů několikanásobně nižší než při použití syntetických materiálů, i tyto odpady zneškodňujeme spálením. Tok množství nevyužitého

tuhého odpadu narůstá v důsledku chemizace surovinové základny textilního průmyslu a tím se neustále zvyšuje podíl syntetických materiálů. Nevyužívání tuhého textilního odpadu představuje velké peněžní ztráty.

Z netříděných textilních odpadů můžeme vyrábět plošné útvary pro zvukovou a tepelnou izolaci, také pro výrobu geotextilií významné ve stavebnictví. [9]

Pod kožedělným průmyslem se nachází soubor operací vedoucí k přeměně zvířecích kůží na usně. V přeměně kůže na useň a k rozpouštění srsti se používají chemické materiály, pomoci taninu a solí různých kovů.

Z primárních surovin přechází na odpad asi 30 až 40% a vzniká celá řada odpadu např. odpadový tuk, odpadová srst a keratinové odpady. Mohou být biologicky rozložitelné, inertní ale i nebezpečné. Většinu z nich můžeme dále zužít a zhodnotit. [9]

V tabulce (Tab. 4.3) nacházíme přehled technologií pro zpracování různých druhů koželužských odpadů.

Tab. 4.3 Technologie zpracování koželužského odpadu

DRUH KOŽELUŽSKÉHO ODPADU	TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ
Chlupy, odřezky z čerstvých kůží, strojní klišovka a štípenka z čerstvých a loužených kůží, vyčiněná štípenka a postružiny, tuky, čistírenské kaly	Kompostování – kapacit na výrobu je relativně dostatek, problémy jsou s uplatněním. Zájem kompostárenských firem o koželužské odpady je velmi malý.
Chlupy, odřezky z čerstvých kůží, strojní klišovka a štípenka z čerstvých a loužených kůží, tuky, čistírenské kaly	Anaerobní fermentace – je zavedena pouze v jedné ČOV, kde se také čistí koželužské odpadní vody. Kaly se zhodnocují na bioplyn.
Tuky, směsi nehalogenovaných organických rozpustidel	Termická úprava – aplikuje se pouze při zpracování strojní klišovky k oddělování tuků.
Filtry s aktivním uhlím	Regenerace filtrů – k odstraňování plyných emisí, v ČR se zatím neprovádí.
Nádoby, přepravky, plastové a lepenkové obaly	Opakované použití a recyklace obalových materiálů (zpětný odběr).
Organická rozpustila (nikoliv směs)	Recyklace organických rozpustidel – v některých koželužnách zpracovávajících ovčiny se při odtučnění regenerují rozpustidla destilací.

4.2.4 Průmysl papíru a celulózy

Papírenský průmysl je druhým největším spotřebitelem obnovitelných zdrojů, hned po potravinářském průmyslu. Materiály se v tomto průmyslu dají velmi dobře recyklovat. Výroba buničiny se provádí tak, že se dřevní hmota vaří v roztocích obsahujících chemikálie, do varného roztoku přechází asi 50% hmotnosti dřeva zejména necelulózových složek. Výluhy o výhřevnosti 5,5 až 8,4 MJ. kg⁻¹, které lze regenerovat spalováním ve spalovacích kotlích a tím zvýšit hospodárnost využití dřevní hmoty. Stejně lze spalováním zneškodňovat odpady sulfítových výluhů, vznikající při výrobě sulfítových celulóz. V budoucnu budou buničiny využívány i jako zdroj chemikálií např. dimethylsulfoxidu, vanilinu apod. [10]

V tabulce (Tab. 4.4) je přehled charakteristických vlastností sulfítových výluhů. [7]

Tab. 4.4 Vlastnosti sulfítových výluhů

Veličina	Hodnota	Jednotka
Obsah vody	47,31	%
Obsah popela	7,02	%
Síra veškerá	2,87	%
Výhřevnost	8,05	MJ.kg ⁻¹

Odpadní papír je významnou druhotnou surovinou. V ČR se nedaří sběrový papír třídit tak, aby byl stupeň kvalitativně vyšší. Prozatím se přepracovává na toaletní papír či na technické lepenky. Rozlišujeme dva typy sběrového papíru - snadno a obtížně zpracovatelný papír. Snadno opracovatelný jsou běžné typy papíru, které se skládají z buničiny, plnidla a pojiva. Novinový papír obsahuje navíc i dřevinu a je spolu s časopisy nejčastějším typem papírového odpadu. Obtížně opracovatelný papír obsahuje plastové a kovové fólie či množství zušlechtěných přísad.

V současnosti komplikuje využití odpadního papíru přechod z tisku na ofsetovou techniku. Proto byl vypracován proces, při němž dochází k rozemletí papíru za přídavků speciálních tenzidů a k následném odstranění tiskařských barev. [10]

4.2.5 Průmysl dřevařský a nábytkářský

V tomto průmyslu vznikají hlavně dva typy odpadů a to piliny a odřezky dřeva. V běžných spalovacích zařízeních nečiní žádné potíže spalování dřevních odřezků. Odpad má řadu dobrých spalovacích vlastností, jeho výhřevnost se může rovnat výhřevnosti kvalitního hnědého uhlí a má nízký obsah vlhkosti. Je snadno zápalný, hlavně díky menšímu obsahu popelovin a vysokému obsahu prchavých hořlavin.

Problémy jsou u spalování pilin, které potřebují speciální konstrukce pilinových hořáků. [7] Dřevní hmota se jako jedna z mála surovin neustále obnovuje. Při výrobě buničiny, těžbě a zpracování na vlákninu, papír a další produkty vzniká mnoho odpadů. Zhruba 35% z celkové těžby dřeva činí výroba papíru. Chemické opracování představuje hlavní zdroj odpadů, vedle pilin a kůry. Je to hlavně ve výluzích, z výroby vláknin a potom ve formě odpadních vod, kalů a exhalátů. Tímto se zhoršuje životní prostředí, snižuje se využití dřevní hmoty a hospodárnost výroby. Některé z těchto odpadů se použijí pro výrobu desek apod. Z nevyužitého materiálu je možno získat energii spalováním, ale jejich energetický přínos je nevýznamný. Proto se vymýšlejí lepší řešení. Nejvhodnější by bylo dřevěné odpady kompostovat. Tyto biotechnologické procesy se hodně používají v zahraničí. Extrahovat chemické látky jde také z kůry např. terpeny. Takto zpracovaná kůra je potom používána pro biotechnologické zpracování na komposty, které je bezodpadovou technologií. [10]

4.2.6 Průmysl potravinářský

Tento průmysl nabízí mnoho spalitelných odpadních materiálů. A to jak z průmyslu masného, tak odpady z tukového průmyslu (bělicí hlinky, filtráty, kaly z glycerínu apod.), konzervárny, anebo zbytky umělých hmot z výroby lahví, papíru, pytle, kartony a dalších. [7]

Většina odpadů z tohoto průmyslu se dá přepracovat s větší či menší účinností na zemědělské nebo jiné druhotné zdroje např. hnojiva, krmiva. Nevzniká nebezpečný odpad. Je ale nutné u potravinářských závodů vybudovat čistírny odpadních vod, protože významná část odpadů je splachována. Problematické jsou hlavně tyto látky:

- **odpadní vody** s vysokým obsahem NaCl, NO_3 a NO_2

- **odpady z biotechnologických výrob**, obsahující zbytky antibiotik nevhodné pro využití v zemědělství
- **potravinářské suroviny** (mléčné výrobky), které obsahují v nepřípustných koncentracích těžké kovy PCB. Pro jejich zánik je třeba zvláštních zařízení

Dnes se odpady z potravinářského průmyslu využívají především jako hnojivo a krmivo. Recyklovatelnost tuhých odpadů je zatím v tomto průmyslu na nízké úrovni. S využitím tuhých odpadů se v budoucnu počítá pro spalování namokro v provozních kotelnách k zisku energie a pro biologickou přeměnu. [10]

- **bioplyny** (anaerobní kvašení - metanizace)
- **kompost** (anaerobní/aerobní kvašení, přeměna na nízkomolekulární organický materiál)
- **hodnotné látky** (např. fermentace sacharidických frakcí na organické kyseliny) a zpracování zbytků na kompost a bioplyn

4.2.7 Odpady ze sklářského průmyslu

Sklářství můžeme považovat za bezodpadovou technologii. Veškerý manipulační a technologický odpad se opět vrací do výroby a zpracovává se. Skleněné střepy usnadňují tavení skla a jsou důležitou složkou sklářského kmene. Vsázka obsahu zpravidla 30 až 40% skleněných střepů. Jejich využíváním se ušetří nejenom energie ale také suroviny (soda).

Za nebezpečné odpady ve sklářském průmyslu považujeme:

- brusné odpady a zbytky brusiva
- chemické odpady z povrchových úprav skla (leptání)
- střepy, které obsahují i kovové příměsi, hlavně z olovnatého a granátového skla (Pb, Se, Sd)
- strusky a vyzdívky pecí s vysokým obsahem těžkých kovů (Pb, As, Se)

V zahraničí se regeneruje asi 2,75 mil. tun odpadního skla za rok. Úspěšné regenerace skleněného odpadu musí mít zařízení a procesy schopné vyrábět produkt. Dnes jsou vyvinuta zařízení na regeneraci skleněných vláken. [9]

Čistota skleněných střepů je nutná. Pro další zpracování musíme upravovat sklo oddělením železa a neželezných kovů i organických nečistot. Potíže mohou nastat i u třídění střepů podle barev, nejčastěji je přebytek střepů směsných, barevných a nedostatek bílých. Nebezpečné sloučeniny chromu, olova, antimonu či arzenu a odpadní kaly z neutralizace kyselin, které se mohou vyskytovat v odpadních materiálech z bourání pecí, jsou dalším závažným odpadem. [9]

V keramickém průmyslu vzniká významné množství tuhého sklářského odpadu. Jedná se o materiály, které jsou inertní a neškodné. Pro většinu z nich existuje způsob využití. Např. cihlová drť slouží jako látka při výrobě lehčených betonů. [9]

V tabulce (Tab. 4.5) nalezneme typy odpadů ve sklářském průmyslu. [8]

Tab. 4.5 Odpady ve sklářském průmyslu

TYP ODPADU	TECHNOLOGICKÉ ZPRACOVÁNÍ
Odpad ze sklářského kmene	Vzniká při manipulaci a skladování a kde to kvalitativní požadavky povolí, může se znovu zavést do procesu.
Prach z regenerátorů	V regenerativních pecích se během kampaně regenerátorech usazuje velké množství prachu. Během přestavby nebo opravy se tento materiál odstraní a uloží na povoleném místě. Tento materiál není prakticky recyklovatelný.
Prach odloučený z proudu spalin	Tento materiál lze ve většině případů recyklovat. Při použití absorbentů kyselých plynů je možné je vybrat tak, aby byly kompatibilní se vsázkovými materiály a mohly se recyklovat i za cenu úpravy složení kmene.
Tavenina nepřeměněná na výrobek	Odpad vzniká hlavně při přerušení tvarování buď kvůli nesprávnému provozu nebo při změně výrobku. Nejúčinnější a nejčastější technikou je ochlazení a rozbítí taveniny ve vodě a následné použití vzniklých střepů jako suroviny.
Tvrký odpad – odříznuté okraje plochého skla, zmetkové obalové sklo	Odpad se recykluje po rozbítí jako střepy.
Pevný odpad z odpadních vod	Odpad separovaný z odpadních vod se obecně nerecykluje a

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

	ukládá se na skládku. V některých odvětvích zvláště u užitkového skla je vyvíjena snaha ve směru regenerace a zhodnocení těchto odpadů.
Střepy obsahující kovové příměsi – hlavně z olovnatého a granátového skla (Pb, Se, Sd, Cd) Střepy a vyzdívky pecí s vysokým obsahem TK (Pb,As, Se, Cd) Brusné odpady se zbytky brusiva Chemické odpady z povrchových úprav skla	Tyto odpady ze sklářského průmyslu lze považovat za odpady nebezpečné. Ve většině sklářských odvětví není finančně schůdné tento odpad regenerovat, protože je ho buď málo nebo má nepředvídatelné kontaminované složení.

4.3 Odpady zemědělské a lesnické

Zemědělství je zdrojem rozsáhlé škály spalitelných odpadů, které vznikají jednak při výrobě produktů, jednak při zpracování zemědělských plodin. Využití odpadního dřeva v lesích můžeme vidět ve dvou skupinách:

- získávání tepla v průmyslových zařízeních
- topné účely obyvatelstva

Tento odpad lze z hlediska spalovacích procesů charakterizovat obdobně jako odpad z průmyslu dřevařského a nábytkářského. [7]

Za efektivní způsob využívání odpadů můžeme považovat kompostování. Do kompostování lze uvádět i hnojivé odpady průmyslové a komunální. [10]

Odpady ze zemědělství rozdělujeme:

- odpady z rostlinné výroby
- odpady ze živočišné výroby

4.3.1 Odpady z rostlinné výroby

Sláma, zbytky různých natí, kukuřičné stvolky a řepné strojky tvoří většinu spalitelných odpadů. Tyto odpady se dále využívají v zemědělství a jsou důležitými vedlejšími produkty. Nejčastější způsob využití rostlinné hmoty je zkrmování. Zkrmování může být v čerstvém stavu nebo po zpracování do siláží a krmných mouček. [8]

Sláma se používá jako organické hnojivo nebo krmivo. Využitelnost slámy není velká, můžeme ji však zlepšit hydrolytickými postupy. Stravitelnost slámy se zlepší chemickou hydrolýzou. Dále využíváme slámu pro výrobu substrátu na pěstování hub. V současné době se do popředí dostalo energetické využití slámy. [8]

4.3.2 Odpady ze živočišné výroby

Typickým jevem v živočišné výrobě je velká koncentrace zvířat v jednotlivých závodech. Z tradičního ustájení stelivového se přešlo na provozy bezstelivové. Tímto způsobem je ustájeno zhruba 90% prasat, 70% slepic a asi 12% skotu. Chlévská mrvá je hlavní z vedlejších produktů ze stelivových provozů. Představuje také cenné hnojivo, musí se však správně fermentovat. Další využití chlévské mrvy je její řízené fermentování za současného jímání a využívání vznikajícího bioplynu. [9]

Z bezstelivových provozů se využívá substrát kejda. Nejvíce rozšířeným způsobem použití je v zemědělství jako hnojivo. Toto však přináší spoustu problému. Hlavním problémem je málo skladovacích prostor pro kejdu. To vede k jejímu vyvážení během celého roku, jak na půdu zasněženou a silně propustnou v zimě, tak i v létě na půdu teplou. Kejda obsahuje malé procento sušiny. Její hnojivová účinnost je minimální a šíří semena plevelů, čímž zvyšuje zaplavení vyvolávající nutnost dalšího používání herbicidů. [9]

4.3.3 Využití odpadní dřevní hmoty

Je to jedna z mála surovin, která se stále obnovuje. Při její výrobě vzniká mnoho odpadů. Odpady vyskytující se při chemickém zpracování, a to ve výluzích z výroby vláknin, dále ve formě odpadních vod, kalů a exhalátů patří spolu se zbytky dřeva (piliny, kůra) mezi hlavní odpady. Výhledově se některé z těchto odpadů budou používat pro výrobu desek a podobných produktů. Z odpadů, pro něž prozatím neznáme využití, je možné získávat energii spalováním. [9]

4.3.4 Sběrový papír

U nás se použitý papír a lepenka získává průmyslovým a lidovým sběrem a tvoří recyklační odpad. Cílem se snížit množství papíru na skládkách a využít jej jako druhotnou surovinu. Recyklace sběrového papíru umožňuje násobné využití vláknin a tím i dřeva, z něhož byla primární vláknina vyrobena. [9]

4.4 Odpady speciální

Do těchto odpadů patří odpady nemocniční, jako klinický odpad (obvazy), dále použité injekční stříkačky a jiné plastové pomůcky a patologický odpad. Některé mohou obsahovat nebezpečné látky, ať už tuhé či kapalné. Tedy látky explozivní, toxické nebo patogenní. Z důvodů těchto nebezpečných vlastností vyžadují speciální odpady zvláštní nakládání ve všech zařízeních pro odstraňování odpadů. Zneškodňování nemocničních odpadů je nespolehlivější a neúčinnější. [7]

U některých speciálních odpadů je poměrně obtížné stanovení jejich výhřevnosti. Pro tento problém je možno použít tzv. cejchované ohniště, v něm se spálí určité množství odpadů. Poté se změří a definuje tepelný výkon a účinnost a výpočtem se stanoví výhřevnost daného odpadu.

V tabulce (Tab. 4.6) je přehled výhřevnosti některých nemocničních odpadů. [7]

Tab. 4.6 Výhřevnost nemocničního odpadu

Zdroj odpadu	Výhřevnost MJ.kg⁻¹
Fakultní nemocnice	11,70
Porodnické nemocnice	8,78
Operační a porodnické sály	9,40
Dermatologické oddělení	10,45
Všeobecné nemocnice	8,78

4.5 Kaly z městských čistíren a odpadních vod

Druhy kalů, které přicházejí v čistírnách odpadních vod v úvahu:

Surové kaly - z primární sedimentace [9]

- směsné surové kaly
- biologické kaly

Stabilizované kaly - kaly, které prošly procesem stabilizace a nepodléhají biologickému rozkladu

- tepelně stabilizované kaly
- aerobně stabilizované kaly
- po anaerobní stabilizaci

Tyto kaly jsou buďto odvodněné (30 - 50% vody) nebo tekuté (93 - 98% vody). [9]

Kaly čistírenské jsou složitou heterogenní suspenzí organických a anorganických látek scezených z odpadních vod anebo tyto kaly vznikly při technologických procesech čištění odpadních vod. Kaly surové se skládají z různorodých patogenních mikroorganismů, produktů biologického rozkladu a ve zvýšených koncentracích z těžkých kovů (Zn, Cu, Co, Cd, Cr, Pb, Hg). Čistírenské kaly se zpracovávají:

- zahušťováním
- dezinfekcí
- odvodněním (odstředění, flotace)
- stabilizací (chemickou, termickou, biologickou)

Anaerobní stabilizace, při níž vzniká vedlejší produkt bioplyn, je nejrozšířenější metodou biologické stabilizace. Ke stabilizaci a zpracování čistírenských kalů se v zahraničí stále více používají termické procesy (spalování, pyrolýza s výrobou paliv, tavení zbytků po pyrolýze na škváru). [9]

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

5 Tepelné zpracování odpadů

K tepelnému zpracování patří spalování, pyrolýza, zplyňování či zkapalňování a oxidace na mokré cestě.

5.1 Spalování odpadů

Cílem spalování odpadů je snížit množství organických kontaminantů v odpadech, omezit celkové množství odpadů (a tím zaplnění skládek) a zakoncentrovat těžké kovy v zachycovaném popílku. Spalovat by se mělo jen minimální množství odpadů, které nelze využít jako druhotné suroviny (přednost materiálového zpracování před tepelným). Spalováním se snižuje hmotnost odpadů na 25 až 30% a objem na 10% původní hodnoty (snižují se nároky a náklady na zábor zemědělské půdy a její rekultivaci). Na skládku se pak odváží materiál anorganický inertní s minimem organických zbytků (prodloužení životnosti skládky desetinásobně). To je výhodné zejména v hustě obydlených oblastech, kde je nedostatek půdy pro skládkování neupravených odpadů. Nevýhodou jsou vysoké investiční a provozní náklady, nezbytnost kvalifikované obsluhy a dokonalé kontrolní a měřicí zařízení.

5.2 Druhy odpadů použitelných pro spalování

Pro spalování se používají tekuté kaly, tuhé odpady a plynné odpady. Většina odpadů patří mezi méněhodnotná paliva a při spalování vznikají problémy. To platí zejména o komunálním odpadu, který je různorodým materiálem s rozdílnými vlastnostmi. Obtížně spalitelné odpady je nutné mísit s dobře spalitelnými v poměru, který ještě zaručuje trvalé hoření směsi. Jsou to zejména odpady s vysokým podílem inertních materiálů nebo silně vlhké a spékavé odpady. V počáteční fázi spalování a v případech, kdy výhřevnost odpadů je příliš malá, je nutno používat přídavného paliva. Jakost paliva je určována třemi hlavními hodnotami – obsahem hořlaviny, popelovin a vody. Pokud má palivo dostatečný obsah hořlaviny, je schopné hoření. Složení odpadů v souvislosti s možnostmi jejich spalování bez použití přídavného paliva lze znázornit pomocí diagramu spalitelnosti odpadů.

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

5.3 Zařízení na spalování odpadů

Hlavním důvodem zvýšeného zájmu o výstavbu spalovacích zařízení jsou přísná regulační opatření týkající se skládkování odpadů. Současné technologie spalování odpadů jsou založeny na dvou metodách – na spalování tuhých odpadů ve spalovnách a na spalování kapalných a tuhých odpadů v rotačních cementových pecích. Spalovny komunálních odpadů pracují normálně při teplotách 800 až 900°C. Pro odstraňování zbytků halogenovaných látek je třeba vyšších teplot (1200 až 1500°C). Rotační pece jsou vhodné v chemických závodech pro spalování odpadů přímo v místě jejich vzniku. Nejdůležitějšími charakteristikami spalovacích zařízení jsou doba a teplota spalování a účinnost promíchávání. Spalování nebezpečných odpadů vyžaduje speciální zařízení s teplotou v rozmezí 900 až 1300°C a prodleva spalin ve spalovacím prostoru musí být minimálně 3 sekundy.

Odpady se zahřívají stykem s horkými spalinami nebo předehrátým vzduchem a sáláním ze stěn pece. Tuhé odpady lze spalovat bez přídavného paliva, dosahuje-li jejich výhřevnost nejméně 5 000 kJ.kg-1. Takové palivo musí mít:

- obsah popelovin < 60%
- obsah vlhkosti < 50%
- obsah prchavé hořlaviny > 25%

Většina spaloven má ohniště vybavené rošty, na nichž se odpady spalují. Postupně probíhají následující pochody:

- pedsoušení: odpady se pedsoušejí sáláním plamene z dalších pásem spalování a vzduchem přiváděným pod rošt, teplota kolem 100°C, vlhkost odpadu se mění v páru
- odplynování odpadů: sáláním plamene nebo klenby spalovacího prostoru se odpady ohřívají na teplotu 200 až 600°C a dochází k reakcím mezi kyslíkem a uhlíkatými látkami v odpadech, hořlavé látky se přeměňují na těkavé složky.
- zapálení odpadů: na povrchu odpadového lože vznikají místní ložiska hoření, těkavé složky procházejí ohništěm ve formě proudu plynu, lože odpadů prohořívá, teplota 500 až 800°C
- hoření: nezbytný je dostatečný přívod vzduchu (přebytek 40%), hoří plyny i vzniklý polokoks, teplota 1000 až 1100°C, teplo se odvádí spalinami, v loži vzniká popel a škvára

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

- vyhořívání a odvádění tepla: vzniká velké množství tepla, které je nutno odvádět, teplota je až 1200°C, musí se udržovat pod bodem tavení popela vysokým přebytkem vzduchu, z roštu odcházejí popel, škvára a nespalitelný zbytek odpadů.

Známe druhy:

- rotační pece – otočné válce s žáruvzdornou vyzdívkou s mírným sklonem, které se pomalu otáčejí a tím zajišťují míšení odpadů. Vhodné pro spalování směsi komunálních i průmyslových odpadů, pastovité i kapalné odpady a kaly (univerzální využití).
- muflové pece – provoz je periodický, do zchladlé pece se zavezou odpady a pak se zahřívá. Vhodné pro spalování zdravotnických odpadů, ropných produktů, zbytků barev a laků.
- etážové pece – pec má tvar stojatého válce, rozděleného na etáže. Osou válce prochází masivní hřídel opatřený rameny, na která se nasazují lopatky ze žáruvzdorné slitiny. Vhodné pro spalování kalů a odpadů s vysokou vlhkostí.
- fluidní spalování odpadů – základní podmínkou je udržení částic fluidní vrstvy ve vzhledu. V případě spalování kapalných a plyných odpadů je fluidní vrstva tvořena částicemi inertní hmoty, při spalování tuhého odpadu se částice tuhého odpadu podílejí na tvorbě fluidní vrstvy a musí být proto upraveny na vhodný rozměr a hmotnost.

5.4 Přednosti a nevýhody spalování

Mezi přednosti spalování patří:

- rychlý způsob odstranění odpadů. Stabilizace odpadů na skládkách trvá několik roků, kompostování několik měsíců, odpady zůstávají na roštu pouze 1 hodinu
- účinnější snížení objemu odpadů než kompostováním nebo skládkováním. Zbytek po spálení tvoří 25 až 40% hm. (8 až 12% obj.) původního objemu odpadů
- zbytek po spalování je tuhý, sterilní a nepodléhá rozkladu

Nevýhody spalování jsou tyto

- vysoké investiční náklady moderní městské spalovny

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

- potřeba kvalifikované obsluhy pro provoz a údržbu spalovny
- emise některých plyných škodlivin, které nelze dokonale odstranit ze spalin

5.5 Ekologické důsledky spalování odpadů

Odpady jsou nejméně čistým druhem paliva. V průměru obsahují až padesátkrát více těžkých kovů než uhlí. Spalovny odpadů jsou velké chemické reaktory s reakční směsí o neznámém a měnícím se složení. Prach se s účinností 99 až 99,5% odstraňuje v elektrostatických odlučovačích (1. stupeň čištění). Kyselé složky (HCl, SO₂, NO_x) se odstraňují mokřím způsobem ve vysokoúčinných plynových pračkách, případně polosuchými nebo suchými systémy (2. stupeň čištění). U většiny nových spaloven, zejména budovaných v husté městské zástavbě, se vyžaduje i třetí stupeň čištění spalin spočívající v podstatě v zachycování dioxinů na aktivním uhlí. Emise vznikající ve spalovnách, s výjimkou rtuti a kadmia, představují jen malou část z celkových emisí z elektráren, průmyslu, dopravy a lokálních vytápění. Moderní městské spalovny mohou být instalovány přímo v centrech oblastí produkujících odpady. Spalovna zpravidla produkuje z 1 tuny odpadů 6000 m³ spalin, několik m³ odpadních vod a 0,25 až 0,4 tun tuhých zbytků.

5.6 Pyrolýza odpadů

Pyrolýza je tepelný rozklad organického materiálu za nepřístupu zplyňovacích médií, jako je kyslík, vzduch, oxid uhličitý a vodní pára. Je považována za perspektivní technologii a ve srovnání s konvenčním spalováním tuhých odpadů by měla být hospodárnější, ale přitom by měla méně znečišťovat životní prostředí. Podle použité teploty se rozlišuje nízkoteplotní pyrolýza (teplota pod 500°C), středněteplotní pyrolýza (teplota 500 až 800°C) a vysokoteplotní pyrolýza (teplota nad 800°C). Vlastní pyrolýzní proces probíhá bez přístupu vzduchu v pyrolýzní komoře, vzniklé plyny se spalují ve druhém stupni (v termoreaktoru 900 až 1000°C). Pyrolýza je vhodná pro jednotný odpad s neměnným složením, který nemá příliš vysoký obsah škodlivin a nemá tendenci ke spékání. Pyrolýzní jednotky jsou vhodné pro šaržovitý provoz pro spalování netoxického odpadu, který není možné dopravovat do velkých středisek zpracování. Výkon těchto jednotek je maximálně 2,5 tun odpadu za hodinu např. zdravotnického odpadu.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce byla charakteristika spalitelných odpadů a jejich recyklace.

V úvodní části bakalářské práce bylo definováno pojem spalitelné odpady a jeho charakteristika. Dále jsem v literární rešerši mapovala situaci v odpadovém hospodářství v ČR a ve světě. Určila jsem hlavní zásady odpadového hospodářství, produkci a využití odpadů. V další části práce jsem rozdělila spalitelné odpady podle druhu a průmyslu. Ukázalo se, že spalitelné odpady v oblasti průmyslu se dělí na celou řadu odvětví ať už chemický, po zemědělský a speciální.

Samostatnou kapitolou jsou spalitelné odpady z městských čistíren a odpadních vod. Detailně jsem rozpracovala kapitolu tepelného zpracování odpadu, kde jsem charakterizovala jednotlivé přednosti a nevýhody spalování. Této kapitole se rozdělily druhy odpadů na vhodné pro spalování nebo jiné možnosti recyklace. Jednou z těchto možností je pyrolýza, kterou můžeme rozdělit na nízko nebo vysokoteplotní podle druhu zpracovaného odpadu.

V závěru práce jsem zhodnotila ekologické důsledky spalování odpadů. Emise vznikající ve spalovnách, s výjimkou rtuti a kadmia, představují jen malou část z celkových emisí z elektráren, průmyslu, dopravy a lokálních vytápění. Moderní městské spalovny mohou být instalovány přímo v centrech oblastí produkujících odpady.

Spalování odpadů se tedy jeví jako perspektivní možnost zneškodňování odpadů.

Seznam použitých obrázků a tabulek

Seznam obrázků

2. Celková odpadová situace

- Obr. 2.1. Seznam spaloven v ČR
- Obr. 2.2. Spalovna Temizo – Stavba roku 2000
- Obr. 2.3. Vizualizace spalovny v Komořanech
- Obr. 2.4. Spalovna v Ženevě
- Obr. 2.5. Spalovna ve Velké Británii v Hampshire
- Obr. 2.6. Spalovna v Esbjergu
- Obr. 2.7. Budoucí spalovna v Kodani

3. Odpadové hospodářství

- Obr. 3.1. Vývoj odpadového hospodářství v ČR
- Obr. 3.2. Produkce odpadů V ČR v letech 2003 – 2010
- Obr. 3.3. Srovnání produkce odpadů
- Obr. 3.4. Produkce odpadů 2010 podle odvětví
- Obr. 3.5. Struktura využívání odpadů

4. Spalitelné odpady

- Obr. 4.1. Přibližné složení tuhého komunálního odpadu
- Obr. 4.2. Typy nádob na separovaný odpad
- Obr. 4.3. Barevně odlišené sběrné nádoby
- Obr. 4.4. Struktura nakládání s komunálními odpady v ČR (%), 2003 – 2010
- Obr. 4.5. Nakládání s komunálními odpady v ČR v roce 2010 (dle ČSÚ)
- Obr. 4.6. Princip třídění
- Obr. 4.7. Produkce komunálního odpadu v ČR, 2003 – 2010

Seznam tabulek

4. Spalitelné odpady

- Tab. 4.1. Složení městského komunálního odpadu
- Tab. 4.2. Spotřeba energie pro výrobu 1 t kovu z rudy a z odpadu v kWh.t⁻¹

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

Tab. 4.3. Technologie zpracování koželužského odpadu

Tab. 4.4. Vlastnosti sulfítových výluhů

Tab. 4.5. Odpady ve sklářském průmyslu

Tab. 4.6. Výhřevnost nemocničního odpadu

Seznam použité literatury

- [1] SINGR, Martin. *Spalovny: Moderní způsob, jak zlikvidovat odpady* [online]. c2012, [cit.2013-4-2]. Dostupné z <<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=2187>>.
- [2] WAWRZAK, Dorota. *Zagospodarowanie i unieszkodliwianie odpadów*. Ostrava – Czechstochowa: Vysoká škola báňská – TUO, 2010. 80 s. ISBN 978-80-248-2355-3.
- [3] *Dánsko produkuje nejvíc odpadu v EU* [online]. c2010, [cit.2013-4-2]. Dostupné z <<http://www.euractiv.cz/zivotni-prostredi/clanek/dansko-produkuje-nejvic-odpadu-v-eu-007263>>.
- [4] HYŽÍK, Jaroslav. *Švýcarské odpadové hospodářství aneb zitrky EU* [online]. c2003, [cit.2013-4-2]. Dostupné z <http://odpady.ihned.cz/c4-10066110-13640810-E00000_d-svycarske-odpadove-hospodarstvi>.
- [5] BERGESEN, Christopher. *Waste-to-Energy Plants in Switzerland* [online]. c2013, [cit.2013-4-2]. Dostupné z <<http://industcards.com/wte-switz.htm>>.
- [6] *Odpadové hospodářství 2012*
- [7] OBROUČKA, Karel. *Termické zneškodňování odpadů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - TUO, 1997. 140 s. ISBN 978-80-70-78505-8.
- [8] HLAVATÁ, Miluše. *Odpadové hospodářství*. Ostrava: Vysoká škola báňská - TUO, 2004. 174 s. ISBN 978-80-24-80737-9.
- [9] KURAŠ, Mečislav. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Praha: Český ekologický ústav, 1994. 241 s. ISBN 978-80-85-08732-1.
- [10] SLIVKA, V., DIRNER, V., KURAŠ, M. *Odpadové hospodářství I: praktická příručka*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2006. 130 s. ISBN 978-80-24-81245-8.
- [11] ŠTĚPÁNEK, Josef. *Třídění odpadu demytizováno. Konečně!* [online]. c2009, [cit.2013-4-2]. Dostupné z <<http://josefstepanek.cz/817/trideni-odpadu-demytizovano-konecne>>.

VAŠKOVÁ, Žaneta. *Spalitelné odpady a jejich recyklace*. Ostrava. 2013. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.